

Requested Patent: DE3902739A1

Title: ;

Abstracted Patent: DE3902739 ;

Publication Date: 1990-08-09 ;

Inventor(s): LIEM GWAN DIPL ING (DE); SOLBACH KLAUS DR (DE) ;

Applicant(s): TELEFUNKEN SYSTEMTECHNIK (DE) ;

Application Number: DE19893902739 19890131 ;

Priority Number(s): DE19893902739 19890131 ;

IPC Classification: H01Q3/36; H01Q21/24 ;

Equivalents: ;

ABSTRACT:

For a radar antenna array having a supply line which is connected via a T/R cell to a transmitter and a receiver and, during transmission, distributes the transmission signal to double radiating-element rows and, via 3dB couplers, to the radiating elements of the two individual rows of each Doppler row which are polarised orthogonally with respect to one another, an additional receiving line is provided, which is likewise connected to the 3dB couplers. The antenna can be operated via controllable phase shifters both with two independent polar diagrams of orthogonal polarisation and with a single polar diagram of selectable polarisation. The received signals which are obtained via the supply line and the receiving line can advantageously have superimposed on them an adjustable amplitude weighting and phase shift so that, for example, the received polarisation can be set independently of the transmitted polarisation. By adding an additional distribution device to the supply line and/or to the receiving line to form a conductor network, the antenna can be extended for monopulse operation.

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 3902739 A1**

⑤1 Int. Cl. 5:
H01 Q 21/24
H 01 Q 3/36

②1 Aktenzeichen: P 39 02 739.2
②2 Anmeldetag: 31. 1. 89
④3 Offenlegungstag: 9. 8. 90

DE 3902739 A1

⑦1 Anmelder:

TELEFUNKEN SYSTEMTECHNIK GMBH, 7900 Ulm,
DE

⑦2 Erfinder:

Liem, Gwan, Dipl.-Ing., 7900 Ulm, DE; Solbach,
Klaus, Dr., 7913 Senden, DE

⑤4 **Radar-Gruppenantenne**

Für eine Radar-Gruppenantenne mit einer, über eine Send-Empfangsweiche mit einem Sender und einem Empfänger verbundenen Speiseleitung, welche im Sendefall das Sendesignal auf Doppel-Strahlerzeilen und über 3dB-Koppler auf die Strahlerelemente der beiden orthogonal zueinander polarisierten Einzelzeilen jeder Doppelzeile verteilt, ist eine zusätzlichen, ebenfalls mit den 3dB-Kopplern verbundene Empfangsleitung vorgesehen. Die Antenne kann über steuerbare Phasenschieber sowohl mit zwei unabhängigen Diagrammen orthogonaler Polarisation als auch mit einem einzigen Diagramm wählbarer Polarisation betrieben werden. Die über die Speiseleitung und die Empfangsleitung gewonnenen Empfangssignale können vorteilhafterweise mit einstellbarer Amplitudengewichtung und Phasendrehung überlagert werden, so daß z. B. die Empfangspolarisation unabhängig von der Sendepolarisation eingestellt werden kann. Durch Ergänzen der Speiseleitung und/oder der Empfangsleitung durch eine zusätzliche Verteilung zu einem Leitern-Netzwerk kann die Antenne für Monopulsbetrieb erweitert werden.

DE 3902739 A1

Die Erfindung betrifft eine Radar-Gruppenantenne der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art.

Eine derartige Radargruppenantenne ist beispielsweise in den Konferenzberichten der "IEEE International Radar Conference", 4/1975, S. 382 bis 384 beschrieben. Bei der bekannten Antenne sind die Strahlerelemente in Zeilen zusammengefaßt und je ein Phasenschieber wirkt auf eine komplette Zeile. Jeweils zwei Zeilen werden aus einem 3dB-Koppler gespeist, wobei die eine Zeile nur Strahlerelemente einer Polarisationsrichtung, die andere Zeile nur Strahlerelemente der dazu orthogonalen Polarisationsrichtung enthält. Je zwei Strahlerelemente sind in einem Dual-Polarisations-Strahler zusammengefaßt. Die ersten Eingangstore der 3dB-Koppler sind mit einer allen Strahlerelementen gemeinsamen Vertikal-Speisung verbunden, welche über eine Sende-Empfangs-Weiche an einen Sender und einen Empfänger angeschlossen ist. Mittels der elektronisch steuerbaren Phasenschieber kann das Richtdiagramm in Form und Richtung in der Elevation eingestellt und die Polarisation der abgestrahlten und/oder empfangenen Wellen beliebig umgeschaltet werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, für eine derartige Antenne eine mit geringem Aufwand auszuführende Modifikation zur erweiterten Diagrammsteuerung anzugeben.

Die Erfindung ist im Patentanspruch 1 beschrieben. Die Unteransprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand der Abbildungen noch eingehend erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau einer Antenne

Fig. 2 eine Prinzipskizze der Signalüberlagerung

Fig. 3 eine spezielle Ausführung eines Verteilungsnetzwerks.

Die in Fig. 1 skizzierte Antenne enthalte eine Vielzahl von in horizontalen Doppelzeilen Z1 bis ZN angeordneten Dual-Polarisations-Strahlern St. Jeder dieser Strahler umfaßt zwei orthogonal zueinander polarisierte Strahlerelemente. Als Beispiel sei angenommen, daß das eine dieser beiden Strahlungselemente je Strahler St linear polarisierte Strahlung mit um Θ^+ = +45° gegen die Vertikale geneigte Polarisationsrichtung, das andere Strahlungselement die dazu orthogonal mit Θ^- = 45° polarisierte Strahlung abstrahlen und aufnehmen kann. Zu jeder Strahlerdoppelzeile gehören zwei gleich aufgebaute Zeilenverteilungen ZV, wobei die eine Zeilenverteilung alle Strahlerelemente mit Θ^+ , die andere Zeilenverteilung alle Strahlerelemente mit Θ^- mit dem jeweiligen Verteilungseingang verbindet.

Die vertikale Verteilung der Sendeleistung eines Senders T auf die einzelnen Strahlerzeilen erfolge über eine Speiseleitung (Vertikalverteilung) V1 mit einer der Anzahl der Doppelzeilen gleichen Zahl von Zeilenausgängen. Die zu einer Doppelzeile von der Vertikalverteilung abgegebene Leistung wird einem ersten Eingangstor eines 3dB-Kopplers K zugeführt, der die eingespeiste Leistung zu gleichen Anteilen auf seine zwei Ausgangstore aufteilt. Die beiden Leistungsanteile werden über steuerbare Phasenschieber $P1^+$ bzw. $P1^-$ auf die Eingänge der beiden zu der Strahlerdoppelzeile gehörenden Zeilenverteilungen ZV und über diese zu den Strahlerelementen der Doppelzeile geleitet. Mittels der steuerbaren Phasenschieber können sowohl die Polarisation einer abgestrahlten Welle als auch Form und

Richtung des Diagramms in der Elevation eingestellt werden. Soll auch im Azimut eine Diagrammbeeinflussung möglich sein, so sind anstelle von oder zusätzlich zu den eingezeichneten Phasenschiebern noch weitere Phasenschieber innerhalb der Zeilenverteilungen vorzusehen.

Wesentlich für die weiteren Betrachtungen ist die Wirkungsweise der 3dB-Koppler K und die Einstellung der Phasenschieber $P1^+$ und $P1^-$ bzw. $(P2^+, P2^-)$ usw. für die anderen Doppelzeilen. Die an einem Eingangstor (z.B. I) eines 3dB-Kopplers eingespeiste Leistung wird zu zwei gleichen Leistungsanteilen aber mit 90°-Phasendifferenz auf die beiden Ausgangstore (III, IV) aufgeteilt. Das zweite Eingangstor (II) ist vom ersten entkoppelt. Für eine in Gegenrichtung laufende Welle ist die Wirkung von Eingangs- und Ausgangstoren vertauscht. Die elevationale Verteilung und die Polarisation der von den Strahlerelementen abgestrahlten Leistung ist maßgeblich bestimmt durch den Verlauf der Phaseinstellwerte der Phasenschieber an den Eingängen der Zeilenverteilungen für gleich polarisierte Strahlerelemente. Der Verlauf der eingestellten Phasenwerte in den Phasenschiebern $P1^+, P2^+$... zu mit Θ^+ polarisierten Strahlerelementen von Zeile zu Zeile legt Form und Richtung des Diagramms für die mit Polarisation Θ^+ abgestrahlten Wellen fest. Entsprechendes gilt für die Phasenschieber $P1^-, P2^-$, usw. zu der orthogonalen Polarisation Θ^- . Für unterschiedliche Verläufe der Phaseinstellwerte in den Phasenschiebern zur Polarisation Θ^+ einerseits und Θ^- andererseits ergeben sich zwei in elevationalen Verlauf unterschiedliche Diagramme für die beiden Polarisationen. Bei identischen oder um einen über alle Doppelzeilen konstanten Versatz gleichen Phasenverläufen zu den beiden Polarisationen resultiert ein einheitliches Diagramm, dessen Polarisation durch die Phasendifferenz der von den zwei Strahlerelementen eines Strahlers abgestrahlten Wellenanteile. Diese Phasendifferenz ist wiederum zusammengesetzt aus der in den Kopplern bewirkten 90°-Phasenverschiebung und dem in den Phasenschiebern eingestellten Versatz der Phasenverläufe zu den beiden Polarisationen Θ^+ und Θ^- . Für einen Phasenversatz von +90° oder -90° resultiert für das einheitliche Diagramm eine horizontale bzw. vertikale Polarisation, für 0° oder 180° eine rechts bzw. links zirkulare Polarisation und für Zwischenwerte elliptische Polarisation.

In Fig. 2 ist der prinzipielle Verlauf der Signalwege für den Empfangsfall skizziert, wobei der Übersichtlichkeit halber nur die Empfangssignale einer Doppelzeile eingetragen sind. Die von allen mit Θ^+ polarisierten Strahlerelementen einer Doppelzeile aufgenommenen Wellen werden mittels einer Zeilenverteilung ZV zu einem Empfangssignal S^+ , die der mit Θ^- polarisierten Strahlerelemente zu einem Empfangssignal S^- zusammengefaßt. Die Phasenschieber zu den beiden Polarisationen seien auf die Werte φ^+ bzw. φ^- eingestellt. Das am Ausgangstor III des Kopplers K eingespeiste Empfangssignal $S^+ \cdot e^{j\varphi^+}$ erscheint am Eingangstor I als Signalanteil

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot S^+ \cdot e^{j\varphi^+}$$

und am Eingangstor II als gleich großer, aber um 90° phasenverschobener Signalanteil $j \cdot S^+ \cdot e^{j\varphi^+}$. Entsprechendes gilt für das am Tor IV eingespeiste Empfangssignal S^- , so daß an den Eingangstoren I und II

des Kopplers die Signale

$$S I = \frac{1}{\sqrt{2}} (S^+ \cdot e^{j\varphi^+} + j \cdot S^- \cdot e^{j\varphi^-})$$

und

$$S II = \frac{1}{\sqrt{2}} S^- \cdot e^{j\varphi^-} + j \cdot S^+ \cdot e^{j\varphi^+}$$

vorliegen. Das Signal $S I$ wird (nach Fig. 1 über die Speiseleitung $V 1$ und den als Sende-Empfangs-Weiche eingesetzten Zirkulator Z) auf den Eingang des Empfängers $E 1$ geführt, das Signal $S II$ (über die Empfangsleitung $V 2$ in Fig. 1 auf den Eingang des weiteren Empfängers $E 2$. Die Ausgangssignale der beiden Empfänger werden digitalisiert und als Digitalsignale $S 1$ und $S 2$ einer Einrichtung PR zur Signalüberlagerung, vorzugsweise einem digitalen programmierbaren Prozessor, zugeführt. Für die Überlagerung der Signale $S 1$ und $S 2$ können sowohl die Amplituden der Signale $S 1$ und $S 2$ mit Faktoren a und b gewichtet als auch die Phasenlagen durch die Faktoren $e^{j\varphi^a}$ bzw. $e^{j\varphi^b}$ (mit φ^a bzw. φ^b als Phasendrehwinkeln) beeinflusst werden. Die Empfänger-
ausgangssignale liegen vorzugsweise in für moderne Radaranlagen gebräuchlicher komplexer Form in einem I- und einem Q-Kanal vor. Die im Prozessor PR mit Amplituden- und Phasenfaktoren multiplizierten Empfangssignale werden summiert und als Ausgangssignal B ausgegeben.

Durch Vorgabe der Faktoren a , b , $e^{j\varphi^a}$ und $e^{j\varphi^b}$ kann weitgehend festgelegt werden, mit welchen Anteilen die polarisationsgetrennten Ausgangssignale S^+ , S^- der Zeilenverteilungen ZV in das kombinierte Signal B eingehen.

Es läßt sich auf einfache Weise zeigen, daß für die in Fig. 2 angenommene Zusammensetzung der Empfänger-eingangssignale $S I$ und $S II$ bzw. der digitalen Signale $S 1$, $S 2$ aus der Wahl der Faktoren zu $a=b$, $\varphi^a=0$ und $\varphi^b=90^\circ$ ein Ausgangssignal B resultiert, das nur noch das Empfangssignal S^+ enthält. In entsprechender Weise ergibt sich bei $a=b$, $\varphi^a=0$ und $\varphi^b=90^\circ$ ein Ausgangssignal, das nur noch das Empfangssignal S^- enthält. Bei der Wahl der Faktoren können auch von den Idealwerten abweichende und frequenzabhängige Phasenverschiebungen und Teilverhältnisse der Koppler K sowie unterschiedliche Eigenschaften der beiden Empfangskanäle (Empfänger, Zirkulator) ausgeglichen werden. Dazu kann z.B. ein Testsignal in eine Antennenzeile eingespeist und aus den gemessenen Empfangssignalen, vorzugsweise nach den Analog/Digital Wandlern, ein Satz optimaler Faktoren für die Signalüberlagerung in der Einrichtung PR abgeleitet werden.

Das anhand der Fig. 2 für die Empfangssignale einer Doppelzeile abgeleitete Verhalten gilt analog für die nach Fig. 1 aus der Zusammenfassung aller Doppelzeilen-Empfangssignale in den Vertikalverteilungen $V 1$ und $V 2$ entstehenden Eingangssignale der Empfänger. Die skizzierte Antenne ist damit sowohl in der Lage, mit zwei getrennten Richtdiagrammen mit zueinander orthogonalen Polarisierungen als auch, z.B. für Weitbereichs-Suchbetrieb, mit einem einzigen Richtdiagramm in wählbarer Polarisation zu arbeiten und die Empfangssignale polarisationsselektiv auszuwerten. Vorteilhafterweise werden bei der Signalüberlagerung zwei Ausgangssignale (B) gebildet, welche dem Empfang über die getrennten Richtdiagramme bei Zwei-Diagramm-Betrieb oder in zwei orthogonalen Polarisatio-

nen beim Mono-Diagramm-Betrieb entsprechen.

Die Polarisierungen können dabei über die Faktoren in der Einrichtung PR eingestellt werden. Dies ermöglicht günstigerweise auch die polarisationsselektive Ausblendung von Störern. Da die Empfangs-Polarisation über die Faktoren in der Einrichtung PR gewählt werden kann, brauchen die Phasenschieber nur für das gewünschte Sendesignal eingestellt zu werden und eine Phasenschieber-Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsphase kann entfallen.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung können die Vertikalverteilungen $V 1$ und/oder $V 2$ als sogenannte angepaßte Verteilungen, d.h. als Serien-Hohlleiterverbindungen mit Richtkoppler-Ausgängen (RK) ausgeführt und durch eine zusätzliche Verteilung $V 3$ zu einer aus der Literatur (A.R. Lopez, "Monopulse Networks for Series Feeding an Array Antenna", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-16, No.4, July 1968, S.436-440) als Leitern-Netzwerk bekannten Monopuls-Verteilungsstruktur ergänzt werden (Fig. 3). Bei Verwendung von reziproken Phasenschiebern und unter der Annahme idealen Aufteilungsverhaltens der 3dB-Koppler K kann dann beispielsweise auch unmittelbar die elevationale Differenzverteilung $\Delta E 1$ der zum Sendesignal gleichsinnig und/oder gegensinnig polarisierten Empfangssignale aus der zusätzlichen Verteilung $V 3$ gewonnen werden. Bei der Skizze nach Fig. 3 ist die Speiseleitung $V 1$ mit einer zusätzlichen Verteilung $V 3$ zu einem Leiternetzwerk mit durch Absorber A reflexionsfrei abgeschlossenen Leitungsenden ergänzt. Aus der Speiseleitung $V 1$ kann im Empfangsfall das zum Sendesignal gleichsinnig polarisierte (copolarisierte) Empfangssignal entsprechend dem Empfang über das Monopuls-Summendiagramm Σ und aus der zusätzlichen Verteilung das gegensinnig (cross-) polarisierte Empfangssignal entsprechend dem Empfang über das elevationale Monopuls-Differenzdiagramm entnommen werden.

Die Erfindung ist in analoger Weise auf anders strukturierte phasengesteuerte Antennen mit über 3dB-Koppler gespeisten Strahlerelementen oder Elementgruppen verschiedener Polarisation, insbesondere auch sogenannte aktive Gruppenantennen mit Sende-Empfangs-Modulen sowie auf Antennen mit Diagrammformung/-schwenkung in zwei Ebenen anwendbar.

Patentansprüche

1. Radar-Gruppenantenne mit Strahlerelementen zu zwei orthogonalen Polarisierungen, wobei
 - eine für alle Strahlerelemente gemeinsame Speiseleitung mit mehreren Ausgängen vorhanden ist,
 - der Eingang der Speiseleitung über eine Sende-Empfangs-Weiche mit einem Sender und einem Empfänger verbunden ist,
 - an jeden Ausgang der Speiseleitung je ein 3dB-Koppler mit einem ersten von zwei Eingangstoren angeschlossen ist,
 - jeder 3dB-Koppler mit einem ersten von zwei Ausgangstoren mit einer Untergruppe von Strahlerelementen der einen Polarisation, mit dem zweiten Ausgangstor mit einer anderen
 - Untergruppe von Strahlerelementen der anderen Polarisation verbunden ist,
 - zwischen den Ausgangstoren der 3dB-Koppler und den Strahlerelementen steuerba-

- re Phasenschieber angeordnet sind,
dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Eingangstore der 3dB-Koppler an eine allen Strahler-
elementen gemeinsame Empfangsleitung ange-
schlossen und die Empfangsleitung an einen weite- 5
ren Empfänger angeschlossen ist, und daß eine Ein-
richtung zur Überlagerung der Ausgangssignale
der beiden Empfänger mit vorgebbbarer Phasenver-
schiebung und/oder Amplitudengewichtung den
Empfängern nachgeschaltet ist. 10
2. Antenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-
net, daß die Empfangsleitung hinsichtlich der Zu-
sammenfassung der Empfangssignale von den
zweiten Eingangstoren der 3dB-Koppler gleich
aufgebaut ist wie die Speiseleitung hinsichtlich der 15
Zusammenfassung der Empfangssignale von den
ersten Eingangstoren der 3dB-Koppler.
3. Antenne nach Anspruch 1 oder 2, dadurch ge-
kennzeichnet, daß die Empfängerausgangssignale
digitalisiert werden. 20
4. Antenne nach Anspruch 3, dadurch gekennzeich-
net, daß die Einrichtung zur Überlagerung der
Empfänger-Ausgangssignale einen digitalen Pro-
zessor enthält.
5. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 4, da- 25
durch gekennzeichnet, daß die Speiseleitung und
die Empfangsleitung als Serienverzweigung mit
Richtkoppler-Ausgängen ausgeführt sind.
6. Antenne nach Anspruch 5, dadurch gekennzeich-
net, daß die Speiseleitung und/oder die Empfangs- 30
leitung mit einer zusätzlichen Verteilung als Leiter-
Netzwerk ausgeführt ist.
7. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 6, da-
durch gekennzeichnet, daß die Phasenschieber als
reziproke Phasenschieber ausgeführt sind. 35

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

40

45

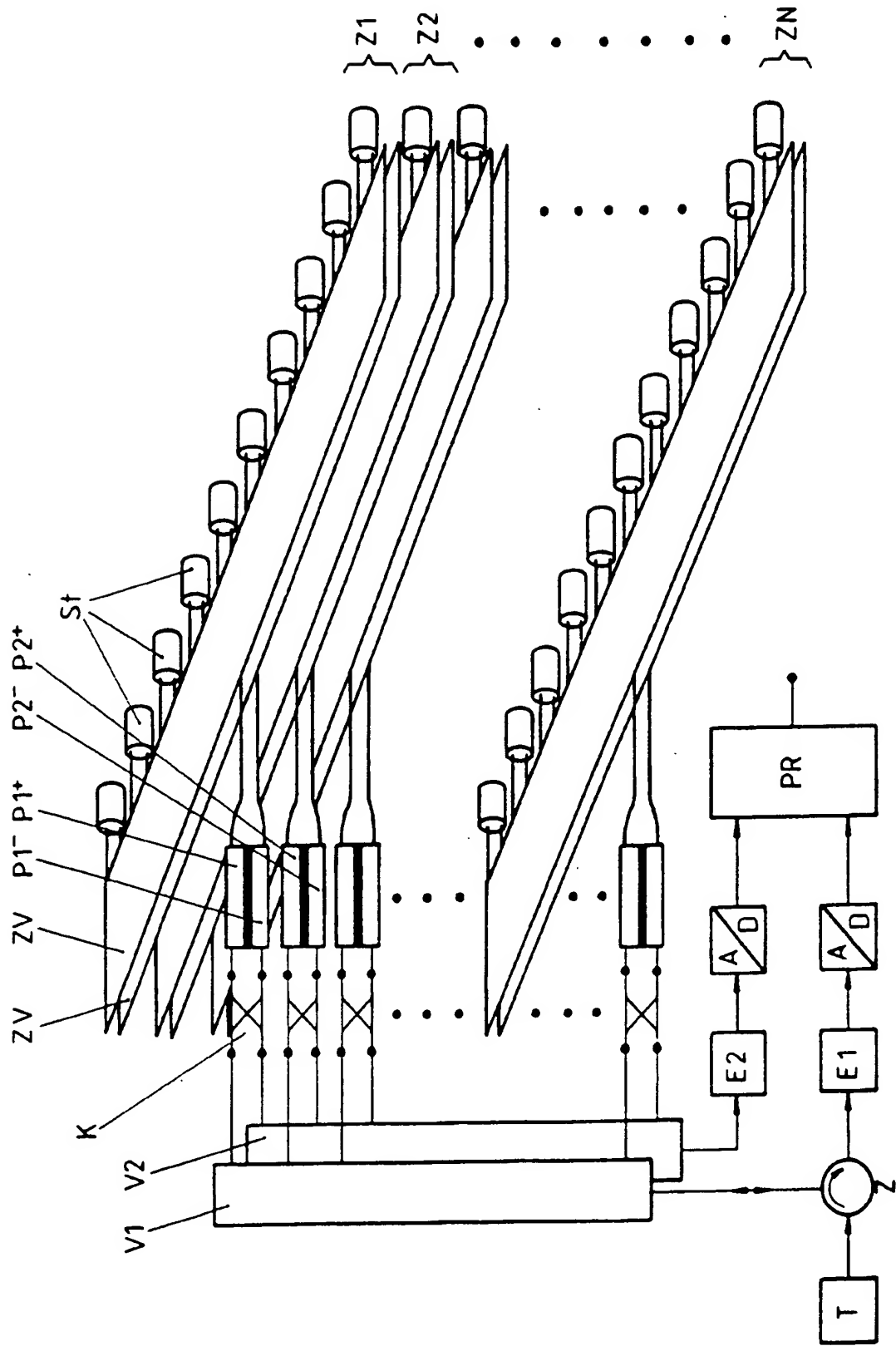
50

55

60

65

FIG.1



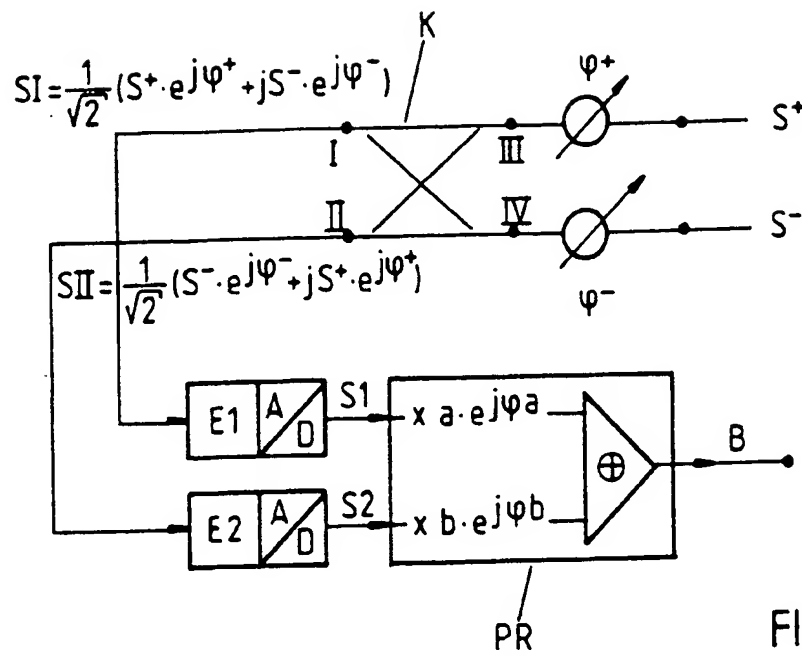


FIG. 2

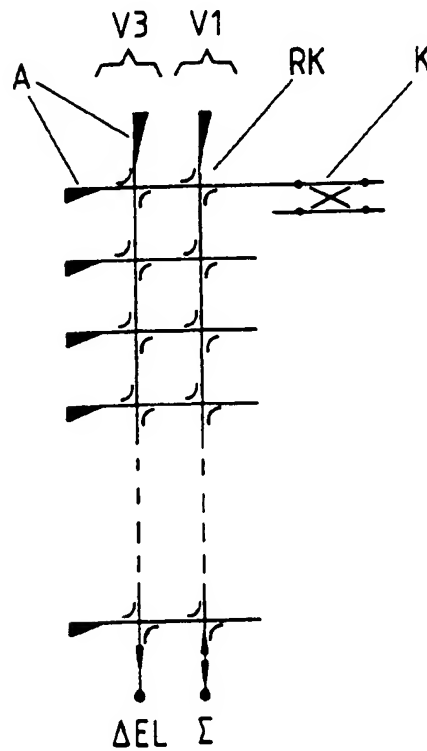


FIG. 3